

(11)Publication number : **09-218165**
(43)Date of publication of application : **19.08.1997**

G01N 21/88
G03F 1/08

(71)Applicant : **LASER TEC KK**
(72)Inventor : **KUSUSE HARUHIKO**

(57)Abstract:

SOLUTION: This device detects a pattern of abnormal height on an inspection sample 10, and uses a shearing interference system 40 as a means to detect a part having surface height different from the case of a normal pattern, a substrate or the like. For the shearing interference system, a Mach-Zehnder type interference system is used and a light source 50 is laid at a part conjugate with an image pickup element. As a detection method, a peak in the histogram of the interference light intensity of a normal part is judged as a normal part. Also, a part having the interference light intensity different from the interference light intensity of the detected normal part is judged as foreign matter or a pattern defect. As a result,

[Date of request for examination] 24.03.1999
[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3179697

[Date of registration] 13.04.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-218165

(43)公開日 平成9年(1997)8月19日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N 21/88			G 0 1 N 21/88	Z
G 0 3 F 1/08			G 0 3 F 1/08	S

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平8-26756

(22)出願日 平成8年(1996)2月14日

(71)出願人 000115902

レーザーテック株式会社

神奈川県横浜市港北区綱島東4-10-4

(72)発明者 楠瀬 治彦

神奈川県横浜市港北区綱島東4丁目10番4

号 レーザーテック株式会社内

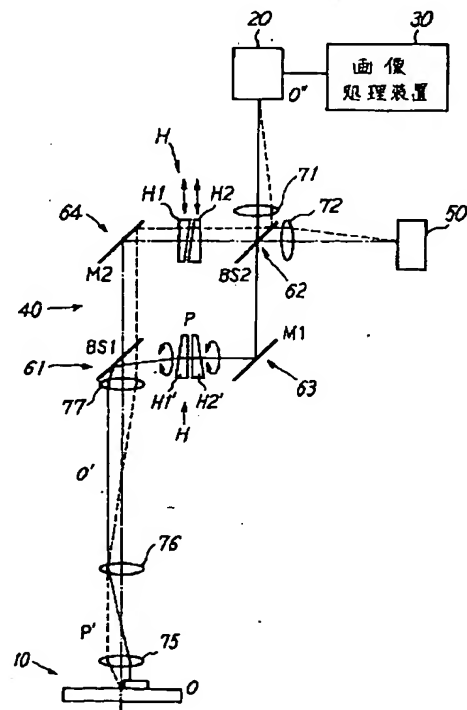
(74)代理人 弁理士 杉村 暁秀 (外4名)

(54)【発明の名称】 パターン検査装置

(57)【要約】

【課題】 フォトマスク等の欠陥検査に使用でき、表面の高さが正常なパターンや基板部分等とは異なる部分を検出し、異物又はパターン欠陥と判定する。

【解決手段】 装置は検査試料10の高さが異常なパターンを検出する。また異物を検出する。表面の高さが正常なパターンや基板部分等とは異なる部分を検出する手段としてシャリング干渉系40を用いる。シャリング干渉系においてマッハツエンダー型のシャリング干渉系を用い撮像素子と共役な部分に光源50を配置する。検出方法として正常部分の干渉光強度のヒストグラムにおいてピークを正常部分と判断する。検出された正常部分の干渉光強度とは異なる干渉光強度の部分に異物又はパターン欠陥と判定する。エッジレス欠陥の検出や透明異物の高感度な検出ができ、ステージ位置精度が検査感度に影響しにくく、また照明系の干渉性を高くでき、干渉条件を保ったままでシャリング量を連続可変できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 表面の高さが、正常なパターンや基板部分等とは異なる部分の検出の手段としてシヤリング干渉系を用い、

上記検出の方式として、正常部分の干渉光強度のヒストグラムにおいてピークを正常部分と判断し、上記検出された正常部分の干渉光強度とは異なる干渉光強度の部分に異物またはパターン欠陥と判定する、ことを特徴とするパターン検査装置。

【請求項2】 上記シヤリング干渉系において、マッハツエンダー型のシヤリング干渉系を用い、撮像素子と共役な部分に光源を配置した、ことを特徴とするパターン検査装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、フォトマスク、フォトマスクブランク等を検査の対象とするパターン検査装置に関するものである。

【0002】

【発明が解決しようとする課題】 従来、パターン欠陥検査としては、2つ以上の画像を比較する方法、データベースと画像を比較する方法等を使用していた。2つ以上の画像を比較する方法においては、例えば、フォトマスクにおいて1枚のフォトマスク上には同一パターンが2個以上存在しており、これらの画像を比較する。データベースと画像を比較する場合、上記と同様、検査の対象となるものがフォトマスクの場合は、フォトマスクの画像データをデータベースといい、一方画像はフォトマスクの画像である。また、異物検査としては、レーザー光の散乱光を検出する方法や透過光と反射光を比較する方法等を用いていた。

【0003】 フォトマスク、フォトマスクブランク等を試料として検査する場合、高さが異常なパターン、異物が検出できるのが望ましい。なお、パターンは、例えばフォトマスクの場合は遮光パターン、位相シフトパターン等である。パターン欠陥は、例えば、遮光パターンの場合はエッチング不良及び成膜不良によるハーフトーン欠陥、位相シフトパターンの場合はエッチング不足によってエッチング深さが不足した部分であり、高さが異常なパターンは上記のことを示す。異物とは具体的には正常なパターンまたは基板等の上に付着しているパターン以外の全てのものを示す。

【0004】 従来の透過光または反射光の強度分布から判定する方法では、位相シフトパターン等のエッジレス欠陥の検出は不可能であった。ここに、エッジレス欠陥とは、断面形状において高さの変化が緩やかで正常部分との境界が明確でない欠陥であり、透過光及び反射光で観察した場合に正常なパターンとの差異がない欠陥のことをいい、段差が急峻な場合は欠陥領域の境界部分が観察できたため特にこのような位相シフト欠陥をエッジレ

ス欠陥と称する。また、透明な異物を適切に検出できると、例えばガラス基板上の透明異物の欠陥検出に良好に応じられるが、透過光や反射光の強度分布からでは、かかる異物の高感度の検出に対応しにくい。また、データベースと比較する方法では画像処理装置や撮像素子等のほか、上記のようなフォトマスクの画像データ（データベース）が要求され（図7）、更にまた、2つの画像を比較するとき、ステージ位置のずれがあると、画像が互いにずれて欠陥として判定されることから、ステージ精度は重要で、ステージの位置精度は欠陥検出感度以上の精度が要求される。

【0005】 本発明は、フォトマスク、フォトマスクブランク等を検査の対象とし、欠陥検査に使用でき、表面の高さが、正常なパターンや基板部分等とは異なる部分を検出し、異物またはパターン欠陥と判定する検査方式を提供しようというものである。また、位相シフトパターン等のエッジレス欠陥の検出、透明異物の高感度な検出が可能で、また、ステージの位置精度が検査感度に影響しにくく、更にはまた、検出手段にマッハツエンダー型のシヤリング干渉系を用いて、照明系の干渉性を高くすることができ、また干渉条件を保ったままでシヤリング量を連続可変できる、等々の特徴を有するパターン検査装置を提供しようというものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明は、表面の高さが、正常なパターンや基板部分等とは異なる部分の検出の手段としてシヤリング干渉系を用い、上記検出の方式として、正常部分の干渉光強度のヒストグラムにおいてピークを正常部分と判断し、上記検出された正常部分の干渉光強度とは、異なる干渉光強度の部分に異物またはパターン欠陥と判定する、ことを特徴とするものである。

【0007】 本発明装置は、高さが異常なパターンを検出する目的で使用できる。また、異物を検出する目的で使用できる。高さが異常なパターンと異物はいずれも検出する必要がある。実際には検出が必要な正常でない部分が全て検出される。本発明においては、表面の高さが、正常なパターンや基板部分等とは異なる部分を検出する。上記検出の手段としてシヤリング干渉系を用いる。また、上記シヤリング干渉系においてマッハツエンダー型のシヤリング干渉系を用い撮像素子と共役な部分に光源を配置することができる。上記検出の方法としてまず正常部分の干渉光強度のヒストグラムにおいて、ピークを正常部分と判断する。上記検出された正常部分の干渉光強度とは異なる干渉光強度の部分に異物またはパターン欠陥と判定する。

【0008】

【発明の効果】 本発明によれば、従来の透過光及び反射光では検出することができなかった位相シフトパターン等のエッジレス欠陥を検出することができる。エッジレ

ス欠陥は、断面形状において高さの変化が緩やかで正常部分との境界が明確でなく、透過光及び反射光で観察した場合に正常なパターンとの差異がなく、透過光または反射光の強度分布から判定することができなかったが、このようなエッジレス欠陥が検出される。また、シングルチップレティクルにおいても、データベースと比較することなしに位相シフトパターン欠陥を検出することができる。ここに、シングルチップレティクルとは1枚のレティクル上に1個分の半導体デバイスのパターンが存在するレティクルのことをいい、位相シフトパターン欠陥とは位相シフトパターンの欠陥のことであり、位相シフトパターンの高さが異常なことである。また、マッハツエンダー型のシャリング干渉系において撮像素子と共役な部分に光源を配置すると、このようにすることにより、照明光の空間的な可干渉性を高くすることができ、また、干渉条件を保ったままでシャリング量を連続可変できる。照明系の干渉条件を保ったままシャリング量を連続可変できるためそれぞれのレティクルのパターンに応じて最適なシャリング量を与える場合、調整要素が1箇所済み、なおかつ任意のシャリング量とすることができる。これは本技術に特有な利点である。また、透明異物を高感度に検出することができる。透明異物を高感度に検出することができるのは透過光または反射光の強度分布から判定するのではなく、本発明においては、試料上の2点から反射光の干渉光強度分布の判定をしている。そのため、観察部分の高さ情報に基づいてパターンの正常、異常を判定しており、本発明装置の中に干渉系を使用しているため可能となるものである。また、チップ比較方式及びデータベース比較方式の欠陥検査装置と比較してステージの位置精度が検査感度に影響しにくい。このようにステージの位置精度が検査感度に影響しにくいのは本発明の検査アルゴリズムからきている。従来の検査装置は2つの画像を比較するため、これらの相対位置がずれている場合は欠陥として判定される。この場合ステージ位置がずれている場合に2個の画像は互いにずれてしまうので、ステージ位置精度は欠陥検出感度以上の精度が必要となる。これに対して本検出アルゴリズムでは2個の画像を比較するのではなく、1つの画像の中の干渉光強度分布において中間調の部分を欠陥として判定するためステージ精度はそれほど重要ではない。これは、本技術に特有のものである。また、検出アルゴリズムがシンプルであるため高速検査が可能である。

【0009】

【発明の実施の形態】図1は本発明の実施例を示す。図中、10は検査の対象となるフォトマスク等の試料、20はイメージディテクタを示し、該イメージディテクタは画像処理装置30に接続される。なお、図示のように、該画像処理装置30に対して、従来のデータベースは用いない。

【0010】本実施例装置では、基板にパターンが形成されている被検査対象試料の検査において、表面の高さが、正常なパターンや基板部分等とは異なる部分を検出するものであり、その検出の手段としてマッハツエンダー型のシャリング干渉系40を用い、かつ該干渉系において撮像素子と共役な部分に光源50を配置する構成とする。

【0011】図示のように、本干渉系40の干渉光路部は、基本的に、光束を分割する分割素子61、分割された光束を結合するための結合素子62、及びそれらの間にあってそれぞれ分割光路を形成し、光束を結合素子62へ導くよう偏向する光束偏向素子63、64を含む干渉光学系を有する。ここでは、これらの素子は、2つのビームスプリッタBS1、BS2と2つの全反射ミラーM1、M2として示されている。

【0012】第1のビームスプリッタBS1は光束分割光学系を、第2のビームスプリッタBS2は光束重合せ光学系を、第1の反射ミラーM1と第2の反射ミラーM2は分割光路の光学系を、それぞれ構成する。なお、第2のビームスプリッタBS2は、図の如く、チューブレンズ71を介して配置したイメージディテクタ20と対向するとともに、更にコリメータレンズ72と対向させ、これを通し、上述の共役な位置に配した光源50からの照明を導入する。また、装置の他の光学系要素として、レンズ75（対物レンズ）、レンズ76及びレンズ77を図示の如くに第1のビームスプリッタBS1と対象試料10との間に配置する。

【0013】本実施例では、これら光学素子を備え、かつ上記光源50による照明系の干渉性を高めた状態の下、検査の対象となる試料表面部分からの反射光による干渉像を得る。試料10からの反射光は、レンズ75～77を通して、上記構成の干渉計の干渉光路部に導入される。

【0014】入射したその反射光は、第1のビームスプリッタBS1により2光束に分割される。該ビームスプリッタBS1で反射された一方の光束（第1の光束）は、ビームスプリッタBS1及び第1の反射ミラーM1間の光路を経て該反射ミラーM1で反射され、反射ミラーM1及び第2のビームスプリッタBS2間の光路により該第2のビームスプリッタBS2を透過して干渉光路部を出射し、チューブレンズ71を通して、観察／検出系を構成するイメージディテクタ20に至る。

【0015】他方、第1のビームスプリッタBS1を透過したもう一方の光束（第2の光束）は、該ビームスプリッタBS1及び第2の反射ミラーM2間の光路を経て該反射ミラーM2で反射され、反射ミラーM2及び第2のビームスプリッタBS2間の光路により該第2のビームスプリッタBS2で反射されて干渉光路部を出射し、チューブレンズ71を通してイメージディテクタ20に至る。これら光路間の光路差は、理想は $\lambda/2$ （ λ ：波

長)である。

【0016】また、本実施例装置光学系では、試料10からの反射光の一方の光束が通る第1のビームスプリッタBS1→第1の反射ミラーM1→第2のビームスプリッタBS2の光路と他方の光束が通る第1のビームスプリッタBS1→第2の反射ミラーM2→第2のビームスプリッタBS2の光路との2光路が形成されるが、図示の如く、このような光路中に調整用の光学部品Hを介挿、配置し、これにより調整を行わせる構成とすることができる。

【0017】なお、従来、マッハツエンダー型の干渉計にあつては、4つのミラーの角度をそれぞれ独立して調整する機構が用いられ、その分、製作、調整等の上で不利、不便がある。本実施例では、2つのビームスプリッタBS1、BS2及び2つの反射ミラーM1、M2の4つの要素は機械的に固定したままとしてよく、必要な調整は、図示の如くに光路に配した調整用の光学部品Hによって行うものとすることができる。

【0018】ここでは、光路長差調整用の光学部品(コンペンセータ)には、光学くさびを適用するものとし、図に示すように、一方の面を斜面としたガラスからなる光学くさびH1、H2を用い、これらを例えば図の如くに互いの斜面同志を対向させた状態に組み合わせたものを使用する。

【0019】そして、例えば、反射ミラーM2とビームスプリッタBS2間の光路中にこれを介挿して光路長の調整の用に供する。光学くさびH1、H2のスライド(図中直線矢印)により、入出射側の光軸の平行を維持しつつくさび部分の厚みの変化に応じて光路長が調整される。なお、光路長を調整する手段あるいは素子としては、これに限らず、例えば印加電圧に応じ屈折率を制御する電気光学素子その他を用いることもできる。

【0020】また、ここでは、もう一方のビームスプリッタBS1と反射ミラーM1間の光路中に、図に示すような向きの配置で、一面に斜面を有する同様形態の光学くさびH1'、H2'を介挿し、2光束間の波面角度の調整を行う。図に回転矢印で示すように、光軸周りに光学くさびH1'、H2'の回転角度を調整する。このとき、両者は互いに反対の向きで同量回転させる。例えば、一方の光学くさびH1'を或る向きの回転方向で回転させるとき、他方の光学くさびH2'はそれとは逆の回転方向で反対向きに回転させるようにするものであり、これにより波面角度が調整される。

【0021】上記構成では、波面調整を含んで全て調整を光学くさびによって行うため機械的な動きに対して鈍感であり、微妙な調整箇所が存在しない。従って、この点でも調整が容易であり、製作及び調整が容易で機械的な振動に対して安定なマッハツエンダー型のシャリング干渉系を用いたパターン検査装置が実現される。

【0022】試料10からの反射光に基づき上記干渉光

路部を経て光束が入射するイメージディテクタ20は、そのビームスプリッタBS1により分離された光束が別々の光路を経てビームスプリッタBS2で重ね合わされることによって生ずる干渉像を検出し、該画像を光電変換して出力する。ここで画像処理装置50に取り込まれる画像データは、干渉像の干渉光強度情報であり、これが検査試料10の異物またはパターン欠陥の検出、判定のための処理に供される。この場合、画像処理装置50は、データベースと比較することなく、上記マッハツエンダー型のシャリング干渉系により得られる1つの干渉像画像のその干渉光強度分布(例えば図2(a)、

(b))に基づいてかかる検出、判定を行うことができる。

【0023】図2に、差分干渉法を用いた透明異物検査の例が示される。本検査例は、図3(e)の断面形状に示すような透明異物が存する試料10の欠陥部位を対象とした場合の例である。なお、同図中、11はガラスによる透明な基板部分(QZ)、12は表面が酸化されたクロムによるパターン部分(Cr)であり、13が検出すべき透明異物の一例である。

【0024】図3(a)~(d)は、透明異物13が存在する試料10の観察部分を対象とした場合における透過光像(従来の例1)や反射光像(従来の例2)による様子本例との対比のため示してあり、かかる場合、それぞれ(a)、(b)や(c)、(d)のような光学像、光学プロファイルとなる。

【0025】これに対して、本例の場合は、それら光学像、光学プロファイルと異なり、イメージディテクタ20の画像は図2(i)に示すような差分干渉反射光像となる。同図(ロ)には、かかる差分干渉反射光像における異物相当部分を含んで、図中左右方向に横切るラインlnに沿う干渉光強度の変化の様子が示され、また、同図(ハ)AからFは、その干渉光強度分布を示す情報を基に画像処理装置50において信号処理をし最終的に欠陥(Defect)を示す検出信号(図F)を取り出す方式の一例の過程を示してある。

【0026】図Aは、干渉光強度情報に基づいて図(ロ)に示したような所定のハイシュレスホールドレベル(H=80)と比較して得られる信号、図Bはその信号を2ビットディレイさせた信号、及び図Cはそれら信号のオア(AORB)による信号(オーバーサイズドH(Oversized H))、図Dは、干渉光強度情報に基づいて図(ロ)に示したような所定のローシュレスホールドレベル(L=20)と比較して得られる信号、図EはD信号の1ビットディレイさせた信号、図Fは、信号E-信号Cとして得られる検出信号である。

【0027】図1の構成において、画像処理装置50は、ここでは、上記のような処理を行う比較回路、ディレイ回路、オア回路、減算回路等の手段を備える構成のものとすることができる。この場合、図1のイメージデ

イテクタ20から干渉像の画像情報を取り込む画像処理装置50は、図Aに示す信号を干渉光強度信号から得るとともに、そのAの信号を2ビットディレイさせたB信号を得る。また、A信号とB信号の和をとって図に示すようなC信号を形成する。他方、干渉光強度信号から図Dに示す信号を得るとともに、そのDの信号を1ビットディレイさせたE信号を得る。そして、こうして得られるE信号からC信号を引く。すると、図Fに示す如く、図3.(e)のような透明異物13がある場合は図示のような検出出力が取り出され(無欠陥部分の場合は、図示のような出力はない)、透明異物検査を行うことができる。

【0028】また、本検査装置により、透明異物が高感度に検出される。透明異物を高感度に検出することができるのは、透過光または反射光の強度分布から測定するのではなく、試料10上の2点からの反射光の干渉光強度分布を判定している。そのため、観察部分の高さ情報に基づいてパターンの正常・異常を判定しており、実施例装置の中に干渉計を使用しているため可能となるものである。

【0029】また、チップ比較方式及びデータベース比較方式の欠陥検査装置と比較して、ステージ位置精度は検査感度に影響しにくいものとなる。従来の検査装置は、2つの画像を比較するため、これらの相対位置がずれている場合は、欠陥として判定される。この場合、ステージ位置がずれている場合に2個の画像は互いにずれてしまうので、ステージ位置精度は欠陥検出感度以上の精度が必要となる。これに対して、本検出アルゴリズムでは、2個の画像を比較するのではなく、1つの画像の中の干渉光強度分布において中間調の部分を欠陥として判定するため、ステージ精度はそれほど重要ではない。これは、本技術に特有のものである。

【0030】検出方法として、正常部分の干渉光強度のヒストグラムにおいて、ピークを正常部分と判断し、検出された正常部分の干渉光強度とは異なる干渉光強度の部分を欠陥と判定する本検出方法は、以下の如き用途等にも適用し得て、同様の作用効果をもって欠陥検査が実現できる。

【0031】図4は、レベンソン位相シフトマスクにおける位相シフト欠陥部分の検出原理(アルゴリズム)を

$$\phi = 2\pi \left[\left\{ (NA)^2 / 4 + 1 \right\} 2d \right] / \lambda + \delta \quad \dots 2$$

A_1 : 1の部分からの反射光の振幅

A_2 : 2の部分からの反射光の振幅

ϕ : 1の部分と2の部分からの反射光の位相差

d : 1と2の部分の高さの差

NA : 照明の開口数

δ : 干渉計中の光路差

上記から、この場合、レベンソン及びクロムレス構造の位相シフトマスクにおける反射光位相差により、欠陥、判定に用いる干渉光強度 I が変化し、該位相差は式2に

示す。検査方式は既に述べたとおりであるので、以下では、要部を説明する。本検査例において、図4(イ)に示すものは、前記図2(イ)に対応するものであるが、ここでは、エッジレス欠陥部分が存する検査対象試料10の断面の形状をも併せて示す。このため、イメージディテクタ20で得られる干渉像において、左側に見える像の部分、右側に見える像の部分に関して図示のような図式内容のもので表した。図中、断面形状において高さの変化が緩やかで正常部分との境界が明確でないエッジレス欠陥(14)の一例が表されており、これは、やはり、透過光及び反射光で観察した場合に正常なパターンとの差異がなく、従来の透過光または反射光の強度分布から判定することができないものである。

【0032】図4(ロ)は、図2(ロ)の干渉光強度変化態様に対応するもので、本例における干渉光強度の変化の様子を示し、また、図4(ハ)A~Fに示す各処理の信号波形は、前記図2(ハ)A~Fにおける、それぞれの対応する各信号に相当している。従って、かかるエッジレス欠陥でも、検出方法は、図4(ハ)A~Fに示す如く、前記例と同様であり、図4(ロ)の干渉光強度分布を示す情報を基に、図1の画像処理装置50は、同様の信号処理をし、図4(ハ)Fに示すように、試料10のレベンソン位相シフトマスクにエッジレス欠陥14(位相シフト欠陥)がある場合、図示のように検出信号を出力する。

【0033】上記検査例をもって示したように、本検査装置によって、従来の透過光及び反射光では検出することができなかった位相シフトパターン等のエッジレス欠陥を検出できることが分かる。

【0034】図5は、レベンソン及びクロムレス構造の位相シフトマスクにおける反射光位相差を用いたシフト及び異物検査装置原理(干渉光強度)を示し、図6は、数値例を挙げて示す例であって、レベンソン及びクロムレス構造の位相シフトマスクにおける反射光位相差及び位相差と反射率で決定される干渉光強度($\lambda = 248 \text{ nm}$)等の説明に供するものである。

【0035】本例において、干渉光強度 I は、以下のようである。

$$\text{【数1】 } I = A_1^2 + A_2^2 + 2 A_1 A_2 \cos \phi \quad \dots 1$$

【数2】

よって与えられるものとなる。

【0036】図6は、実際に適用した試料10や本検査装置側のデータ等の具体的数値の一例を示してある。ここに、形成した表面が酸化されたCrパターン12の膜厚及びガラス段差等のデータは図の如く120 nm、243 nmとし、また、式1、2による干渉光強度 I は、ここでは、位相差及び反射率で決定されるものであるが、その場合の試料側のCrパターンの反射率などや、装置の照明の開口数 NA 等は、以下の設定とした。

【0037】

【数3】NA：照明の開口数（0.7）

 λ ：測定光波長（546nm）

d：段差（マスク上の場所による）

 δ ：干渉計内部の光路差（ $\lambda/2$ ） A_1 ：表面が酸化されたCrパターンの反射率（16%）による反射光の振幅（8A.U.） A_2 ：ガラス部の反射率（4%）による反射光の振幅

（4A.U.）

【0038】上記条件の下、試料10のA～E各場所での「反射光の光路差」、「正常パターン部の干渉光強度 I_{nor} 」、「異常パターン部の干渉光強度 I_{abn} 」（異常部の反射率は正常パターンの反射率と同一とする）の各項目について、次表の結果を得た。

【0039】

【表1】

場 所	反射光の光路差	I_{nor}	I_{abn}
A	0	0	256
B	0	0	64
C	2.98π	143.93	16.07
D	0.98π	143.95	16.05
E	2.0π	0.00	64.00

【0040】上記表から、場所Aのような部分においては反射光の「光路差」は0、正常パターン部の干渉光強度「 I_{nor} 」は0、異常パターン部の干渉光強度「 I_{abn} 」は256であり、同様、場所Bのような部分では「光路差」0、「 I_{nor} 」0で、「 I_{abn} 」が64であることが分かる。場所Cでは「光路差」は表データの中で最大で 2.98π 、このとき「 I_{nor} 」は143.93、一方「 I_{abn} 」は16.07であり、場所Dでは「光路差」は 0.98π であって、「 I_{nor} 」143.93、「 I_{abn} 」16.07でこれら場所Cとほぼ同じ値を呈し、また、場所Eでは「光路差」は 2.0π であって、「 I_{nor} 」0.00、「 I_{abn} 」64.00なる結果が得られたことが分かる。

【0041】本検査例では、上述のようなレベンソン及びクロムレス構造の位相シフトマスクを使用して実験したところ、反射光位相差を用いたシフト及び異物検査を行うことができる結果を得られた。

【0042】なお、上記各検査例のほか、本発明は、表面の高さが、正常なパターンや基板部分等とは異なる部分を検出する欠陥検査の用途に広く使用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係るパターン検査装置光学系の図である。

【図2】差分干渉法を用いた透明異物検査アルゴリズムを示す図である

【図3】透明異物の一例を示すとともに、図2と対比して示すための透明異物に対する比較例での光学像及び光学プロファイルの説明図である。

【図4】レベンソン位相シフトマスクにおける位相シフト欠陥部分の検出原理（アルゴリズム）の図である。

【図5】レベンソン及びクロムレス構造の位相シフトマスクにおける反射光位相差を用いたシフト及び異物検査装置原理（干渉光強度）の図である。

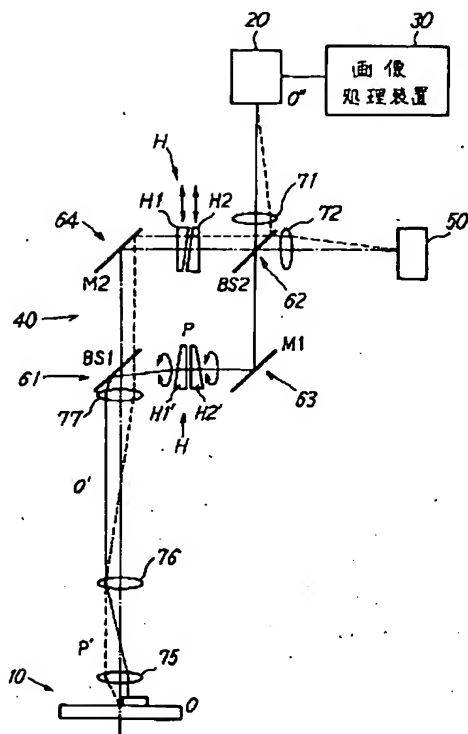
【図6】レベンソン及びクロムレス構造の位相シフトマスクにおける反射光位相差及び位相差と反射率で決定される干渉光強度（ $\lambda=546\text{nm}$ ）等の説明図である。

【図7】従来の欠陥検査装置を示す図である。

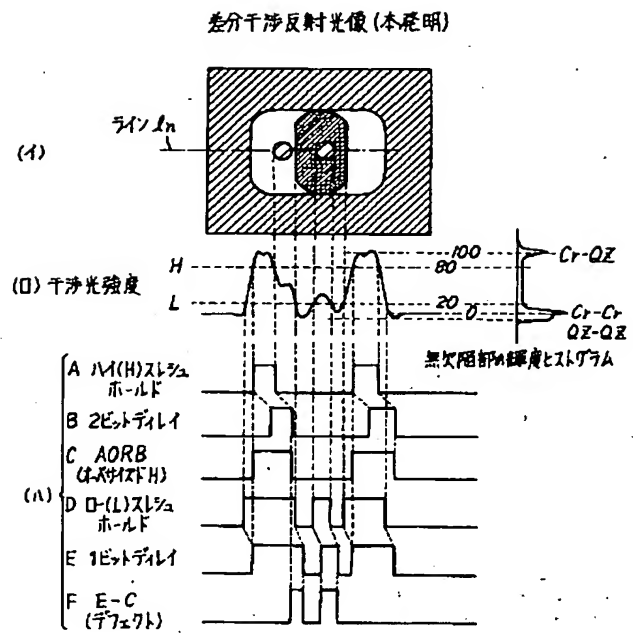
【符号の説明】

- 10 試料
- 11 基板（QZ）
- 12 パターン（表面が酸化されたCr）
- 13 異物（透明異物）
- 14 エッジレス欠陥
- 20 イメージディテクタ
- 30 画像処理装置
- 40 マツハツエンダー型のシェアリング干渉系
- 50 光源
- 61 分割素子
- 62 結合素子
- 63 偏向素子
- 64 偏向素子
- 71 チューブレンズ
- 72 コリメータレンズ
- 75 レンズ（対物レンズ）
- 76 レンズ
- 77 レンズ
- BS1、BS2 ビームスプリッタ
- H 調整用 光学部品
- H1、H2、H1'、H2' 光学くさび
- M1、M2 反射ミラー

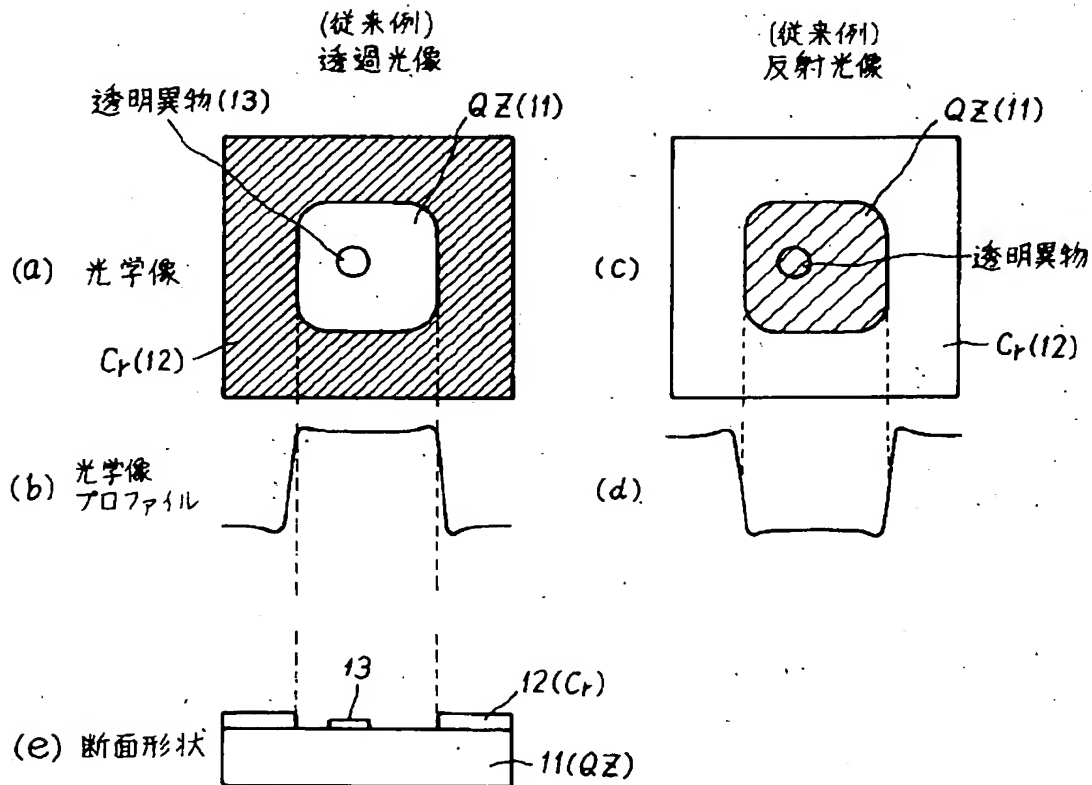
【図1】



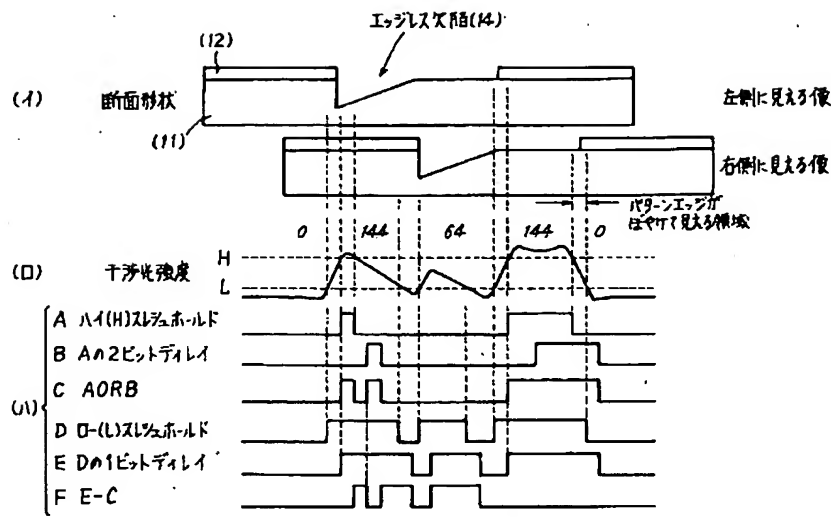
【図2】



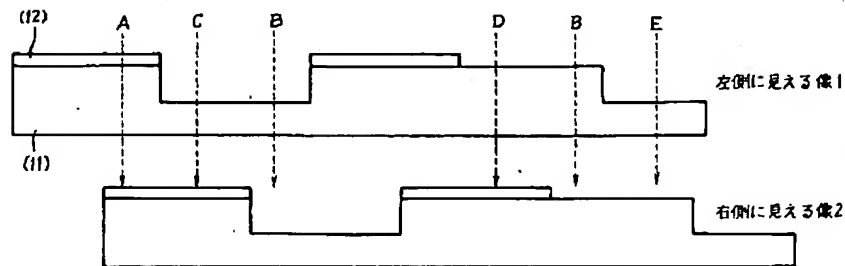
【図3】



【図4】



【図5】

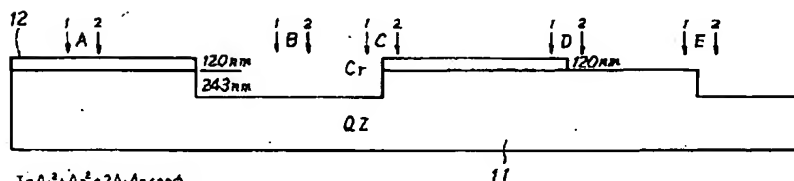


$$I = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\phi$$

$$\phi = 2\pi \left[\frac{(NA)^2}{4} + 1 \right] 2d / \lambda + \delta$$

干渉光強度
 A_1 : 1の部分からの反射光の振幅
 A_2 : 2の部分からの反射光の振幅
 ϕ : 1の部分と2の部分からの反射光の位相差
 d : 1と2の部分の高さの差
 NA : 照明の開口数
 δ : 干渉計中の光路差

【図6】



$$I = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\phi$$

$$\phi = 2\pi \left[\frac{(NA)^2}{4} + 1 \right] 2d / \lambda + \delta$$

NA: 照明の開口数(0.7)
 λ : 測定光波長(546nm)
 d : 段差(777nm)
 δ : 干渉計内部の光路差($\lambda/2$)
 A_1 : 表面が酸化されたCrパターンの反射率(16%)による反射光の振幅(8A.U.)
 A_2 : ガラス部分の反射率(4%)による反射光の振幅(4A.U.)
 I_{nor} : 正常パターン部の干渉光強度
 I_{abn} : 異常パターン部の干渉光強度
 (異常部A反射率は正常パターンの反射率と同一とする)

【図7】

